مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۴، شماره ۲، سال ۱۳۹۷

اثر سن گیاهچه و کودهای مختلف زیستی در تولید مینی‌تیوبر ارقام سیب‌زمینی در سامانه هواکشت

Effect of Plantlet Age and Different Biological Fertilizers on Mini-Ttuber Production of Three Potato Cultivars in Aeroponic System

داوود حسن‌پناه[۱]، ودود ساعدنیا[۲]، رئوف محمدی[۳]، انور اسدی[۴] و فاطمه آسیابی‌زاده[۵]

۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران
۲ و ۴- پژوهشگر، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران
۳- کارشناس، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران
۵- پژوهشگر، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۲۵

چکیده

حسن‌پناه، د.، ساعدنیا، و.، محمدی، ر.، اسدی، ا. و آسیابی‌زاده، ف. ۱۳۹۷. اثر سن گیاهچه و کودهای مختلف زیستی در تولید مینی‌تیوبر ارقام سیب‌زمینی در سامانه هواکشت. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۴:** ۱۵۱- ۱۳۵.

این پژوهش به منظور بررسی اثر سن گیاهچه و کودهای مختلف زیستی بر روی ارقام سیب‌زمینی در سامانه هواکشت، برای رسیدن به بالاترین تعداد و وزن مینی‌تیوبر سیب‌زمینی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل انجام شد. در سال اول (۱۳۹۳) گیاهچه‌های سه رقم تجاری آگریا، کایزر و بانبا به روش قلمه‌های تک جوانه به تعداد ۲۰۰ گیاهچه از هر رقم در آزمایشگاه تکثیر شدند. در سال دوم (۱۳۹۴) گیاهچه‌های تکثیر شده ارقام براساس آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار و سه عامل در گلخانه کشت گردید. عامل اول شامل سه سن گیاهچه‌ای (۳۰، ۴۰ و ۵۰ روز)، عامل دوم شامل سه رقم تجاری سیب‌زمینی (آگریا، کایزر و بانبا) و عامل سوم شامل سه کود زیستی [شاهد، بایوفارم و ترکیب سه باکتری (اینتروباکترکلوآسه سویه Swri1، آزوسپریلوم لیپوفروم سویه Of و سودوموناس پوتیدا سویه ۱۶۹) بودند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین سن گیاهچه و اثرمتقابل سن گیاهچه × کود زیستی از لحاظ تعداد ساقه اصلی در بوته، بین ارقام و اثرمتقابل رقم × کودهای زیستی از لحاظ تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته و در مترمربع، بین کود بیولوژیک از لحاظ صفات تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته و مترمربع، میانگین وزن مینی‌تیوبر، ارتفاع بوته وتعداد ساقه اصلی در بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت. استفاده از ترکیب سه باکتری در رقم بانبا باعث افزایش تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته و مترمربع گردید. تعداد و وزن مینی‌تیوبر در ترکیب سه باکتری، ۱۱۹/۸ مینی‌تیوبر با ۸۶۲/۹ گرم در بوته بود. براساس نتایج بدست آمده از این پژوهش، برای افزایش تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته و مترمربع، ارتفاع بوته و تعداد ساقه اصلی در بوته در ارقام سیب‌زمینی، استفاده از ترکیب سه باکتری (اینتروباکترکلوآسه سویه Swri1، آزوسپریلوم لیپوفروم سویه Of و سودوموناس پوتیدا سویه ۱۶۹) توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی، اینتروباکترکلوآسه، بایوفارم، غده‌چه، تعداد مینی‌تیوبر.

نگارنده مسئول: Hassanpanah_d@yahoo.com تلفن: ۰۴۵۳۳۹۲۷۴۰۹

مقدمه

سیب‌زمینی از نظر اهمیت غذایی پس از گندم و برنج سومین رتبه را دارا می‌باشد (Hassanpanah and Akbarlu, 2013). براساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۴، سطح زیرکشت سیب‌زمینی کشور حدود ۱۶۰/۲ هزار هکتار با تولید ۵/۱۴ میلیون تن و میانگین عملکرد غده آبی ۳۲۱۹۱ کیلوگرم در هکتار بود (Anonymous, 2017). استان اردبیل با سطح زیرکشت حدود ۲۱ هزار هکتار و تولید بیش از ۸۰۰ هزار تن سیب‌زمینی یکی از مناطق مساعد و مناسب جهت کشت و تولید این محصول می‌باشد.

تولید مینی‌تیوبر از طریق سامانه هواکشت بذر مورد نیاز سیب‌زمینی‌کاران را سریعاً در مقادیر زیاد با قیمت مناسب و سلامت بالا تولید می‌کند. اگر به ازای کشت هر هکتار چهار تن بذر لازم باشد، برای تامین بذر ۱۶۰ هزار هکتار سطح زیرکشت سالانه به بیش از ۶۴۰ هزار تن بذر گواهی شده در کشور نیاز می‌باشد.

با توجه به این که در بسیاری از محصولات کشاورزی بویژه سیب‌زمینی بیماری‌های ویروسی سهم به سزایی در کاهش عملکرد و کیفیت محصول دارند، گیاهچه و مینی‌تیوبرهای عاری از عوامل بیماری‌زا در سیب‌زمینی که از طریق کشت بافت تولید شده‌اند می‌تواند بعنوان یکی از بهترین راهکارها در برنامه‌های تولید بذر استاندارد مورد استفاده قرار گیرد (Hassanpanah and Akbarlu, 2013).

مینی‌تیوبرها غده‌های بذری کوچکی هستند که دارای قطر ۵ تا ۲۰ میلی‌متر بوده و از کاشت گیاهچه‌های درون‌شیشه‌ای در گلخانه تولید می‌شوند (Hassanpanah, 2014c). گیاهچه‌های تولیدی در شرایط درون‌شیشه‌ای عاری از بیماری‌های ویروسی هستند (Pruski, 2007). برای افزایش تعداد مینی‌تیوبر در هر بوته می‌توان از روش‌های با برداشت چندمرحله‌ای (غیرتخریبی) (Farran and Mingo Castel, 2006; Lommen and Struik, 1992c)، روش آب کشت (Rolit and Seutin, 1999; Muro *et al.*, 1997) یا روش هواکشت (Hassanpanah, 2014a) استفاده کرد.

در شرایط گلخانه‌ای و سامانه معمولی (خاکی)، با برداشت چندمرحله‌ای (غیرتخریبی) بیش از ۱۸۰۰ مینی‌تیوبر در مترمربع در طول ۱۰ هفته تولید کردند که با در نظر گرفتن ۳۵۰ گیاهچه در مترمربع، از هر گیاهچه به طور مینگین پنج عدد مینی‌تیوبر تولید شد (Lommen and Struik, 1992a). لومن (Lommen, 1995) با استفاده از سامانه برداشت چندمرحله‌ای (غیرتخریبی) نیز بیش از ۳۵۰۰ غده با سایز کوچک (کمتر از پنج میلی‌متر) در مترمربع برداشت کرد.

تراکم گیاهچه در واحد سطح، در سامانه مختلف تولید مینی‌تیوبر متفاوت است. در روش

معمول، تراکم ۱۰۰ تا ۲۰۰ بوته در مترمربع (Pruski *et al.*, 2003) و تعداد پنج تا ده مینی‌تیوبر در بوته (Hassanpanah, 2014a) در نظر گرفته می‌شود، اما در سامانه هواکشت تراکم ۲۰ بوته در مترمربع و تعداد بیش از ۱۰۰ مینی‌تیوبر در بوته گزارش شده است (Hassanpanah, 2014a). سامانه هواکشت روش مناسب برای تولید بذر پیش‌پایه عاری از ویروس سیب‌زمینی است (Nugaliyadde *et al.*, 2005; Kang and Han, 2005).

این سامانه باعث کاهش بیماری‌های خاکزی می‌شود (Caspersen *et al.*, 1999). در این سامانه دسترسی به ریشه امکان‌پذیر است، ریشه در هوا و بدون فشار مکانیکی رشد می‌کند و تهویه ریشه‌ها به خوبی انجام شده و در نهایت باعث افزایش محصول می‌شود (Gysi and Von Allmen, 1997). این روش کاشت با موفقیت برای تولید مینی‌تیوبر سیب‌زمینی مورد استفاده قرار گرفته است (Hassanpanah, 2014b; Hassanpanah, 2011; Farran and Mingo Castel, 2006).

ریتر و همکاران (Ritter *et al.*, 2001) با بررسی مینی‌تیوبرهای تولیدی در سامانه کشت آب کشت و هواکشت نتیجه گرفتند که عملکرد غده تولیدی در بوته در سامانه هواکشت ۷۰ درصد و تعداد غده بیش از ۲/۵ برابر بود. پیریرا و همکاران (Pereira *et al.*, 2008) گزارش کردند، راندمان تولید مینی‌تیوبر در سامانه آب کشت و هواکشت در مقایسه با کشت شاهد (سامانه خاکی) به ترتیب ۳۳ و ۷۰ درصد بیشتر بود.

حسن‌پناه (Hassanpanah, 2011) افزایش تعداد مینی‌تیوبر در مترمربع در سیستم هواکشت را نسبت به روش معمولی ۴۹۳ عدد گزارش کرد. حسن‌پناه (Hassanpanah, 2014a) با بررسی شش کلون امیدبخش و دو رقم سیب‌زمینی نتیجه گرفت که کلون امیدبخش متوسط دیررس ۱-۳۹۷۰۸۱ تعداد ۲۷۶۶ مینی‌تیوبر به وزن ۱۱۴۰۰ گرم در مترمربع در سامانه هواکشت تولید کرد.

کودهای بیولوژیک حاوی میکروارگانیسم‌های زنده یا فرآورده‌های آنها هستند که در صورت مصرف از طریق تلقیح بذر، سطح گیاه یا خاک ناحیه اطراف ریشه، با افزایش یا تامین عناصر غذایی موجب افزایش رشد و نمو گیاه میزبان می‌شوند (Haj Seiad Hadi, 2011). فرانکنبرگر و ارشد (Frankenberger and Arshad, 1995) گزارش کردند که اکسین تولید شده توسط باکتری‌ها و در پی آن تحریک توسعه سلولی باعث افزایش رشد گیاه و ریشه‌زایی و افزایش غده‌زایی می‌شود. باشان و همکاران (Bashan *et al.*, 2004) گزارش کردند که استفاده از آزوسپریلیوم می‌تواند موجب افزایش ماده خشک، جذب عناصر غذایی، ارتفاع بوته، اندازه برگ و طول ریشه شود.

فرزانـــــــــــا و رادیــــــــــــزاه (Farzana and Radizah, 2005) بـا بررسـی تاثیر باکتری‌هـای ریزوسـفری بـر رشـد دو رقـم سیب‌زمینی افزایش معنـی‌داری در وزن خشـک ساقه و ریشه در گیاهـان تلقـیح شـده بـا بـاکتری گـــزارش کردنـــد. شـــهرونا و همکـــاران (Shaharoona *et al.*, 2006) نشـان دادنـد کـه باکتری‌های سـودوموناس وزن خشـک ذرت را در شرایط گلخانه‌ای ۲۲/۵ درصد افزایش دادند. ژنـگ و همکـاران (Zhang *et al.*, 2014) گزارش کردند که کود آلـی بیولوژیـک باعـث افزایش رشد ریشه می‌شود.

بهبود و همکاران (Behbood *et al.*, 2012) بـا بررسـی باکتری‌هـای محـرک رشـد در سیب‌زمینی رقم آگریا گزارش کردنـد کـه ایـن باکتری‌ها باعـث افـزایش تعـداد و وزن غـده در بوته و مقدار ماده خشک غـده شـدند. ایمـانی و همکاران (Imani *et al.*, 2016) با بررسی تـأثیر غلظت‌های مختلـف کودهـای زیسـتی بـر تولیـد مینی‌تیوبر از میکروتیوبر سیب‌زمینی رقم آگریـا، نتیجـه گرفتنـد بـین کـود زیسـتی هیـومی‌فرت و نیتروکارا و اثرمتقابل آنها از لحاظ تعـداد و وزن مینی‌تیوبر در مترمربع، میانگین وزن مینی‌تیـوبر و ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

احمـد و همکـاران (Ahmad *et al.*, 1995) گزارش کردند گیاهچه‌های ریشه‌دار و قلمه‌های چندگره‌ای در مقایسـه بـا قلمـه‌های تـک‌گره‌ای تولید مینی‌تیوبرهای بزرگ‌تری می‌نمایند. ریشـه گیاهـانی کـه در شـرایط درون‌شیشـه‌ای رشـد کرده‌اند آسـیب‌پذیر بـوده و نمی‌تواننـد بـه نحـو مطلوبی در شرایط درون‌شیشه‌ای عمل کنند. این ریشه‌ها، پس از انتقال، به سرعت از بین می‌روند و باید جایگزین شوند. نظام ریشه‌ای توسعه نیافته رشد گیاه را در شرایط درون‌شیشه‌ای بـا مشـکل مواجه می‌سازد، بویژه هنگامی کـه میـزان تعـرق زیاد باشد.

حسن‌پناه (Hassanpanah, 2010) با بررسی رقـم آگریـا در چهـار مرحلـه سـن گیاهچـه‌ای (۱- انتقال گیاهچه‌ها پـس از ۲۰ روز، ۲- انتقـال گیاهچه‌ها پس از ۳۰ روز، ۳- انتقـال گیاهچـه‌ها پـس از ۴۰ روز و ۴- انتقـال گیاهچـه‌ها پـس از ۵۰ روز) در گلخانه، نتیجه گرفت بـین سـن‌های گیاهچـــه از لحـــاظ وزن مینی‌تیـــوبر در بوتـــه، میانگین وزن مینی‌تیوبر و تعـداد سـاقه فرعـی در بوته و اثرمتقابـل سـن گیاهچـه × سـال از لحـاظ تعـــداد و وزن مینی‌تیـــوبر در بوتـــه اخـــتلاف معنـی‌داری وجـود داشـت. سـن گیاهچـه ۲۰ و ۳۰ روز دارای بیشـترین تعـداد و وزن مینی‌تیـوبر در بوته و میانگین وزن مینی‌تیـوبر بودنـد. ایشـان گزارش کرد سـن گیاهچـه از نظـر ریشـه‌زایی و استحکام گیاهچه‌ها و در نهایت رسیدن به میزان تولید مطلوب مینی‌تیوبر از لحاظ کیفـی و کمـی موثر می‌باشد.

هدف از اجرای این پژوهش بررسی پتانسـیل تولیـد مینی‌تیـوبر ارقـام سـیب‌زمینی و اثـر سـن گیاهچه بـر ریشـه‌زایی و اسـتحکام گیاهچـه‌ها و تاثیر کودهای بیولوژیک بر رشد و توسعه ریشـه و افزایش تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی اثر سن گیاهچه و کودهای مختلف بیولوژیک بر تولید مینی‌تیوبر ارقام تجاری سیب‌زمینی در سامانه هواکشت، برای رسیدن به بالاترین تعداد و وزن مینی‌تیوبر سیب‌زمینی در آزمایشگاه و گلخانه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل انجام شد.

در سال اول (زمستان ۱۳۹۳) گیاهچه‌های سه رقم تجاری آگریا، کایزر و بانبا به روش قلمه‌های تک گره به تعداد ۲۰۰ گیاهچه از هر کدام در آزمایشگاه تکثیر شدند. شرایط رشد محیطی در کلیه مراحل تحقیق در اتاقک رشد با طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت با شدت نور حدود ۵۰۰۰-۴۰۰۰ لوکس و دمای ۲۲-۱۸ درجه سانتی‌گراد بود. در سال دوم (بهار و تابستان ۱۳۹۴) گیاهچه‌های تکثیر شده ارقام در گلخانه براساس آزمایش فاکتوریل بر طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار و سه عامل مورد آزمایش قرار گرفتند. عامل اول شامل سه سن گیاهچه‌ای (۳۰، ۴۰ و ۵۰ روز)، عامل دوم شامل سه رقم تجاری سیب‌زمینی (آگریا، کایزر و بانبا) و عامل سوم شامل سه کود بیولوژیک [شاهد، بایوفارم و ترکیب سه باکتری [اینتروباکتر کلوآسه سویه Swri1 (*Enterobacter cloasse* strain Swri1)، آزوسپریلوم لیپوفروم سویه Of (*Azosprillum lipoferum* strain Of) و سودوموناس پوتیدا سویه ۱۶۹ (*Sedomonus putida* strain 169)] تهیه شده از موسسه تحقیقات خاک و آب بودند.

بایوفارم (ویژه زراعت) حاوی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (Plant Growth Regulator = PGPR) می‌باشد. این کود زیستی بر پایه مجموعه‌ای از باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن (جنس *Azospirillum* sp.، *Azotobacter* sp. و *Pseudomonas* sp.) و به صورت سوسپانسیون فرموله شده است. دو لیتر از بایوفارم مایع به هفت لیتر آب تمیز غیرکلره اضافه و به خوبی مخلوط شد (مقدار ۲۸۶ میلی‌لیتر کود بیولوژیک بایوفارم در یک لیتر آب). مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر از باکتری‌های محرک رشد ترکیبی از سه باکتری (اینتروباکترکلوآسه سویه Swri1 با جمعیت $۱۰^۷$، آزوسپریلوم لیپوفروم سویه Of با جمعیت $۱۰^۶$ و سودوموناس پوتیدا سویه ۱۶۹ با جمعیت $۱۰^۷$ و به نسبت حجمی ۱:۱:۱) در یک لیتر آب مخلوط شد.

گیاهچه‌ها بتدریج از اتاق سازگاری خارج و ریشه گیاهچه‌های ارقام سیب‌زمینی با محلول آماده شده آغشته و سپس گیاهچه‌ها به جعبه کشت در سامانه هواکشت منتقل شدند. اندازه هر واحد آزمایشی ۲۰ بوته در نظر گرفته شد (فاصله بین گیاهچه ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر). طوقه گیاه به وسیله پنبه سیاه رنگ پوشیده و داخل منفذ موجود در جعبه قرار داده شدند. سپس به وسیله یک جفت پنس پنبه را گرفته و گیاهچه

همراه با پنبه داخل منفذ جعبه به حدی که ریشه‌ها در معرض پاشش محلول غذایی باشند، قرار داده شدند.

هنگامی که عملیات کاشت گیاهچه‌ها به پایان رسید، منافذ عبور نور به جعبه و همچنین در معرض قرار گرفتن ریشه‌ها با محلول غذایی کنترل شد. نازل مه‌پاش‌های برنجی ۵۰ میکرون با ارتفاع ۱۵ میلی‌متر تعبیه شده در داخل جعبه کاشت به راحتی تا شعاع ۵۰ سانتی‌متر را پوشش دادند. برای پایین نگهداشتن دمای هوا ناشی از تابش خورشید در گلخانه از سایبان استفاده شد. دمای محلول غذایی کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. محلول غذایی هر ۱۵ دقیقه به مدت پنج ثانیه بر روی ریشه‌ها مه‌پاشی شد.

در هر جعبه کاشت از دو شیرگازی بیرونی استفاده شد. یکی از آنها مسیر ورود محلول غذایی به جعبه‌ها را می‌بست و دیگری زمان تعویض محلول غذایی باز می‌شد. در هر مخزن مواد غذایی نیز دو شیر تعبیه شد. یکی از آنها محلول غذایی را به جعبه‌ها هدایت می‌کرد و دیگری محلول غذایی مازاد در جعبه کشت را به مخزن برمی‌گرداند. برای برگشت مازاد محلول غذایی به مخزن لوله زه‌کش در پایین‌ترین قسمت انتهای هر جعبه قرار داده شد. یک صافی ثابت شده در انتهای لوله زه‌کش تعبیه شد تا قطعات ریشه یا سایر مواد جامد جمع‌آوری شوند. یک مخزن و یک پمپ پیستونی (با قدرت ۳ اسب بخار و فشار ۱۵۰ بار) اضافه برای مواقعی که پمپ یا مخزن مشکلی داشته باشد، در نظر گرفته شد.

محلول غذایی مورد استفاده در این آزمایش محلول غذایی توصیه شده توسط لومن و استروئیک (Lommen and Struik, 1992c) بود (جدول ۱). تمامی مواد به غیر از منوفسفات‌پتاسیم و سولفات‌مس به راحتی در آب حل می‌شوند. مواد جداگانه در مقدار کمی آب کاملاً حل و قبل از اضافه شدن به مخزن از صافی عبور داده شدند تا ناخالصی‌ها حذف شوند. جهت حل کردن منوفسفات‌پتاسیم و سولفات‌مس آنها را داخل یک توری گذاشته و توری به وسیله دست در یک ظرف آب مالش داده و به طور کامل حل شدند. پس از ته‌نشین شدن ناخالصی‌ها، محلول شفاف رویی به مخزن منتقل شد.

برای هفته اول ۵۰ لیتر از هر تیمار (بایوفارم و ترکیب سه باکتری) محلول تهیه و به حجم ۱۰۰ لیتر رسانده شد (۵۰ درصد). از هفته دوم به بعد محلول غذایی به صورت کامل در حجم نهایی ۱۰۰ لیتر تهیه شد. هر ماه محلول غذایی تعویض شد. در ابتدا گیاهچه‌ها قادرند به مدت ۲ تا ۳ هفته سرپا باقی بمانند. بعد از این مدت و پس از استفاده از محلول غذایی به صورت کامل گیاهچه‌ها رشد سریع داشته و به قیم نیاز خواهند داشت. بعد از گذشت ۱۵ روز قیم‌زنی بوته‌ها انجام شد. بعد از یک ماه برگ‌های پایینی به وسیله یک تیغ تیز و با رعایت اصول بهداشتی حذف شدند.

ریشه‌ها تا زمان برداشت نهایی مرتبا در

جدول ۱- محلول غذایی مورد استفاده در سامانه هواکشت (Lommen and Struik, 1992c)

Table 1. The nutrient solution used in aeroponic system (Lommen and Struik, 1992c)

Nutrient	ماده غذایی	نیترات کلسیم $Ca(NO_3)2.4H_20$	نیترات پتاسیم KNO_3	منوفسفات پتاسیم KH_2PO_4	سولفات پتاسیم K_2SO_4
Amount	مقدار	0.890 gl^{-1}	0.446 gl^{-1}	0.135 gl^{-1}	0.140 gl^{-1}
Nutrient	ماده غذایی	سولفات منیزیم $MgSO_4.7H_20$	اسید سولفوریک H_2SO_4	کلات آهن FeEDTA	سولفات منگنز $MnSO_4.\ H_2O$
Amount	مقدار	0.472 gl^{-1}	0.034 gl^{-1}	0.035 gl^{-1}	2.0 mgl^{-1}
Nutrient	ماده غذایی	اسید بوریک H_3BO_3	سولفات روی $ZnSO_4.7H_20$	مولیبدات سدیم $Na_2MoO_4.2H_20$	سولفات مس $CuSO_4.5H_20$
Amount	مقدار	3.0 mgl^{-1}	0.5 mgl^{-1}	0.1 mgl^{-1}	0.1 mgl^{-1}

pH = 6.0 — اسیدیته= ۶

معرض پاشش محلول غذایی براساس زمان تعیین شده قرار گرفتند. برای جلوگیری از وارد شدن صدمه به ریشه‌ها ابتدا درب بیرونی باز و سپس پرده داخلی با احتیاط برداشته شد. در این مدت تایمرها برای مدت نیم ساعت غیرفعال بودند. در طی دوره رشد از قارچ‌کش اکسی کلرور مس WP%35 به میزان سه درهزار چهار مرتبه، سم کلروتالونیل WP%75 به میزان چهار درهزار یک مرتبه و آوانت به میزان سه درهزار یک مرتبه استفاده شد. pH آب استفاده شده در تهیه محلول غذایی برابر هفت و EC آن ۱/۱۷ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر بود.

در طول دوره رشد و بعد از برداشت ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی در بوته، تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته و میانگین وزن مینی‌تیوبر اندازه‌گیری شد. به طور میانگین برداشت مینی‌تیوبرها هر پنج روز یک بار و به تعداد نه مرتبه در کل دوره صورت گرفت. کل دوره کاشت تا برداشت به مدت ۱۱۰ روز بود.

بعد از هر برداشت مینی‌تیوبرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۱ درصد و به دنبال آن یک یا دو بار با آب مقطر شسته شدند. این کار برای جلوگیری از آلودگی باکتریایی انجام شد. مینی‌تیوبرها ابتدا در داخل خاک ضدعفونی شده با رطوبت خیلی جزیی به مدت سه هفته در شرایط انبار با درجه حرارت ۱۸-۱۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس به سردخانه (۴-۵ درجه سانتی‌گراد) منتقل شدند.

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین سطوح مختلف سن گیاهچه و اثرمتقابل سن گیاهچه × کود زیستی از نظر تعداد ساقه فرعی در بوته و بین ارقام و اثرمتقابل رقم × کود زیستی از نظر تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته بین سطوح

مختلـف کـود زیسـتی از لحـاظ تعـداد و وزن مینی‌تیـوبر در بوتـه، میـانگین وزن مینی‌تیـوبر، ارتفاع بوته و تعداد ساقه فرعـی در بوتـه تفـاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد وجـود داشت (جدول ۲).

تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته

رقم بانبا در تیمـار کـود زیسـتی ترکیـب سـه بـــاکتری (باکتری‌هـــای اینتروباکترکلوآســـه، آزوســـپریلوم و ســـودوموناس) از نظـــر تعـــداد مینی‌تیوبر در بوته نسبت بـه سـایر تیمارهـا برتـر بود. ارقام کایزر و آگریا در این تیمار در گـروه دوم قــرار گرفتنــد (شــکل ۱). تفــاوت تعــداد مینی‌تیوبر در بوته رقم بانبـا در کـود بیولوژیـک ترکیبی از سه باکتری نسبت بـه شـاهد رقـم بانبـا ۴۹/۸ مینی‌تیوبر در بوته بود.

از نظر وزن مینی‌تیوبر در بوتـه، رقـم بانبـا در کود بیولوژیک ترکیب سه باکتری (باکتری‌های اینتروباکترکلوآسه، آزوسپریلوم و سودوموناس) نسبت به سایر تیمارها در گروه برتر قرار داشـت (شکل ۲). ارقـام کـایزر و آگریـا از لحـاظ وزن مینی‌تیوبر در بوته در تیمار کود زیسـتی ترکیـب سـه بـاکتری (باکتری‌هـای اینتروباکترکلوآسـه، آزوسپریلوم و سودوموناس) در گروه بعـد قـرار گرفتند (شکل ۲). تفاوت وزن مینی‌تیوبر در بوته رقم بانبا در ترکیب سه باکتری نسبت بـه شـاهد رقم بانبا ۴۵۱/۸ گرم در بوته بود.

در ایـــن آزمـــایش ، در شـــرایط ســـامانه هواکشت ۱۱۹/۸ مینی‌تیوبر در بوته از رقـم بانبـا تولیـد شـد. حسـن‌پناه (Hassanpanah, 2011) گزارش کرد در شرایط معمـولی (بسـتر خـاکی) بـین ۳۰۰-۲۰۰ مینی‌تیـوبر در مترمربـع برداشـت شـد. بـا توجـه بـه نتـایج بدسـت آمـده در ایـن آزمایش، با کشت رقـم بانبـا و اسـتقبال زارعـین برای کشت آن و با توجه به پتانسیل تولید آن در شرایط هواکشت با ۲۹۹۵ مینی‌تیوبر در مترمربـع سـود بیشـتری عایـد تولیدکننـدگان مینی‌تیـوبر خواهد شد.

ریتـر و همکـاران (Ritter *et al.*, 2001) میـزان افزایش تعداد و وزن مینی‌تیوبر در مترمربع را بـه ترتیـب ۱۵۳ و ۷۰ درصـد در سـامانه هواکشـت نســـبت بـــه ســـامانه معمـــولی گـــزارش کردنـــد. نوگالییـــده و همکـــاران (Nugaliyadde *et al.*, 2005) نتیجه گرفتند در سامانه هواکشت تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوتـه بیشتری تولید می‌شود و این سیستم بـرای تولیـد بذر پیش پایه سیب‌زمینی مناسب اسـت. افـزایش وزن مینی‌تیوبر در بوته در سیسـتم هواکشـت در مقایسه با کشت معمولی توسط سایر محققین نیز گـزارش شـده اسـت (Ritter *et al.*, 2001; Soffer and Burger, 1988; Cho *et al.*, 1996).

حسـن‌پناه (Hassanpanah, 2011) افـزایش تعـداد و وزن مینی‌تیـوبر در مترمربـع در سـامانه هواکشت نسبت به روش معمولی (خاکی) را بـه ترتیب ۱۱۰ درصد (۴۹۳ مینی‌تیوبر) و ۳۸ درصد (۱۲۴۰ گـــرم) گـــزارش کـــرد. حســـن‌پناه (Hassanpanah, 2014a) با بررسی شش کلون

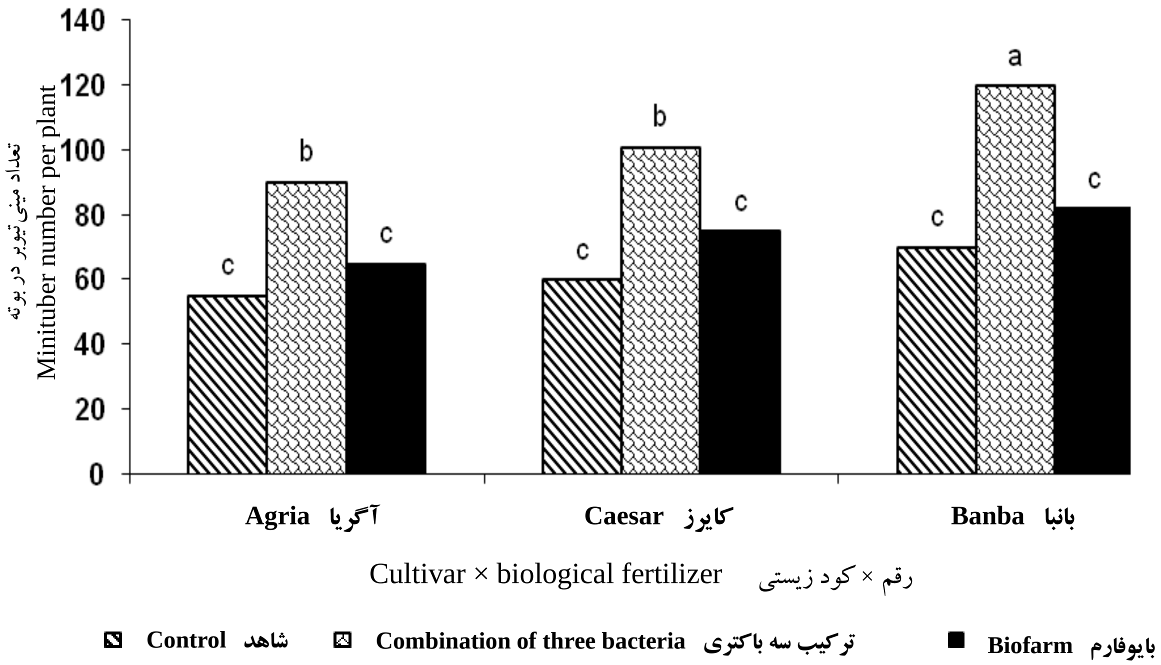
جدول ۲- تجزیه واریانس برای اثر سن گیاهچه، ارقام سیب‌زمینی و کودهای زیستی بر صفات مورد مطالعه

Table 2. Analysis of variance for the effect of plantlet age, potato cultivars and biological fertilizers on studied traits

S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df.	MS میانگین مربعات				
			تعداد مینی‌تیوبر در بوته Minituber number per plant	وزن مینی‌تیوبر در بوته Minituber weight per plant	میانگین وزن مینی‌تیوبر Average minituber weight	ارتفاع بوته Plant height	تعداد ساقه فرعی در بوته Lateral stem number per plant
Plantlet age (A)	سن گیاهچه (A)	2	1.47	7750.46	0.152	234.24	0.259*
Cultivar (B)	رقم (B)	2	1694.37**	88164.35**	0.219	163.75	0.038
A × B	سن گیاهچه × رقم	4	8.32	1491.19	0.095	68.27	0.074
Biological fertilizer (C)	کود بیولوژیک (C)	2	22418.04**	900556.38**	1.972**	1374.68**	1.778**
A × C	سن گیاهچه × کود بیولوژیک	4	14.65	1165.46	0.044	176.75	0.259*
B × C	رقم × کود بیولوژیک	4	1472.91**	62483.46**	0.203	137.88	0.037
A × B × C	سن گیاهچه × رقم × کود بیولوژیک	8	68.30	4458.56	0.160	152.07	0.074
Error	اشتباه	54	173.74	9760.17	0.176	117.04	0.075
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات	-	16.40	17.14	5.80	10.12	23.70

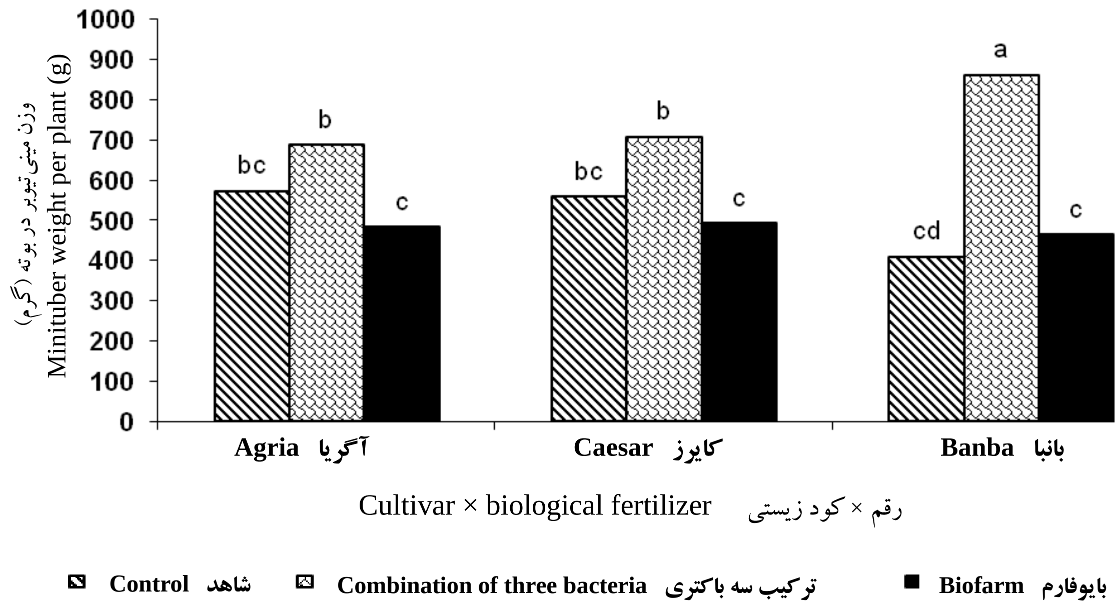
* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and ** : Significant at the 5 and 1% probability levels, respectivly.



شکل ۱- اثر متقابل رقم × کود زیستی بر تعداد مینی‌تیوبر در بوته

Fig. 1. Cultivar × biological fertilizer interaction effect on mini-tuber number



شکل ۲- اثر متقابل رقم × کود زیستی بر وزن مینی‌تیوبر در بوته

Fig. 2. Cultivar × biological fertilizer interaction effect on mini-tuber weight per plant

امیدبخش و دو رقم تجاری سیب‌زمینی نتیجه گرفت که کلون امیدبخش متوسط دیررس ۱-۳۹۷۰۸۱ تعداد ۲۷۶۶ مینی‌تیوبر به وزن ۱۱۴۰۰ گرم در مترمربع تولید نمود. از بین کلون‌های متوسط زودرس، کلون ۲-۳۹۷۰۶۹ از بیشترین تعداد و وزن مینی‌تیوبر در مترمربع برخوردار بود.

در سامانه هواکشت در اولین مرحله برداشت تعداد مینی‌تیوبر کمتر و وزن آن بیشتر و در آخرین برداشت تعداد مینی‌تیوبر بیشتر و وزن کمتر بود. در این سامانه، برداشت مینی‌یوبرها باعث افزایش تشکیل استولون‌های جدید و مینی‌تیوبرها در گیاه شدند. نتایج مشابه توسط لومن (Lommen, 1995) و حسن‌پناه و عظیمی (Hassanpanah and Azimi, 2011) در برداشت‌های چندمرحله‌ای مینی‌تیوبر در سامانه معمولی (خاکی)، مورو و همکاران (Muro *et al.*, 1997) و ریتر و همکاران (Ritter *et al.*, 2001) در سامانه آب کشت و حسن‌پناه (Hassanpanah, 2011; Hassanpanah, 2014 a & b) در سامانه هواکشت گزارش شد.

بهر حال، در سامانه هواکشت برای تولید مینی‌تیوبر با برداشت چندمرحله‌ای قادر به افزایش وزن و تعداد مینی‌تیوبر در مترمربع خواهیم بود. برداشت چندمرحله‌ای در هر دو سامانه معمولی و هواکشت باعث افزایش تعداد و وزن مینی‌تیوبر در مترمربع می‌شود. با این تفاوت که در سامانه هواکشت از آسیب به ریشه به دلیل عدم برداشت و کاشت مجدد بوته‌ها جلوگیری می‌شود. برداشت در سامانه هواکشت راحت می‌باشد و تکرار و برداشت چندمرحله‌ای امکان تولید غده‌ها در اندازه مورد نظر را می‌دهد (Ritter *et al.*, 2001).

غده‌زایی و رشد و نمو مینی‌تیوبرها در تیمار کود زیستی ترکیب سه باکتری (اینتروباکترکلوآسه، آزوسپریلوم و سودوموناس) به طور میانگین یک هفته زودتر نسبت به شاهد بود. حسن‌پناه (Hassanpanah, 2011; Hassanpanah, 2014) گزارش کردند رشد و نمو مینی‌تیوبرها در سامانه هواکشت دیرتر اتفاق افتاد. تاخیر در غده‌زایی در سامانه هواکشت توسط ریتر و همکاران (Ritter *et al.*, 2001) نیز گزارش شده است. وریگدینهیل و استروئیک (Vreugdenhil and Struik, 1989) گزارش کردند با شروع غده‌زایی، رشد استولون متوقف می‌شود که این مورد به سنتز اتیلن مربوط است. اما در این آزمایش ملاحظه شد در تیمار کود زیستی که ترکیب سه باکتری (اینتروباکترکلوآسه، آزوسپریلوم و سودوموناس) استفاده شده بود، غده‌زایی نسبت به شاهد یک هفته زودتر اتفاق افتاد.

میانگین وزن مینی‌تیوبر

از نظر میانگین وزن مینی‌تیوبر، تیمارهای شاهد و کود زیستی ترکیب سه باکتری دارای

بیشترین مقدار بودند و در گروه برتر قرار گرفتند. بین تیمار شاهد و تیمار کود زیستی ترکیب سه باکتری هر چند از نظر میانگین وزن مینی‌تیوبر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما مقدار آن در تیمار شاهد بیشتر از تیمار کود زیستی ترکیب سه باکتری بود. تفاوت این دو تیمار ۰/۸۵ گرم در هر مینی‌تیوبر بود. کمترین مقدار میانگین وزن مینی‌تیوبر در تیمار کود زیستی بایوفارم مشاهده شد (شکل ۳).

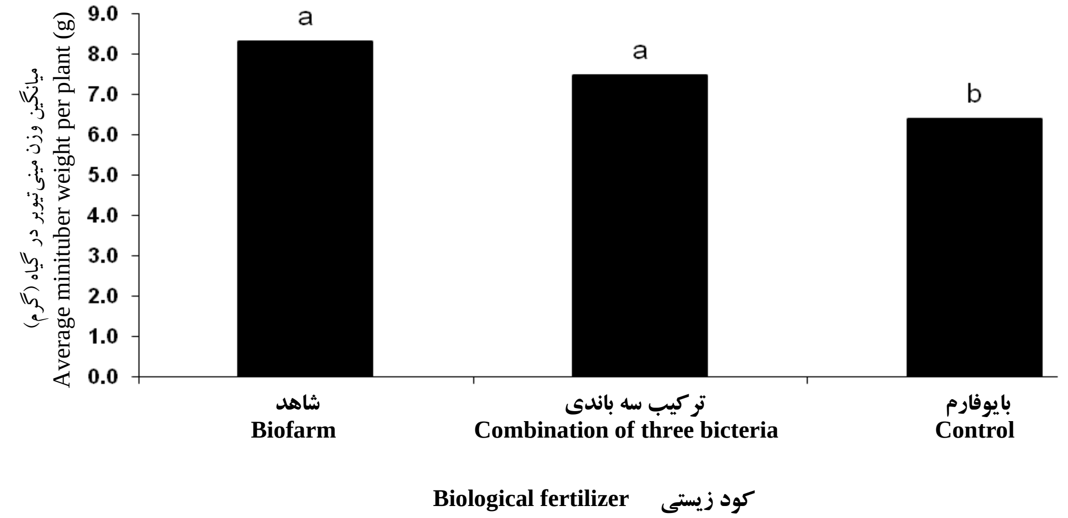
در این آزمایش، میانگین وزن مینی‌تیوبر در تیمار شاهد و کود زیستی ترکیب سه باکتری دارای بیشترین مقدار بود. میانگین وزن مینی‌تیوبر از تقسیم وزن مینی‌تیوبر بر تعداد مینی‌تیوبر حاصل می‌شود و هر چه تعداد مینی‌تیوبر کمتر باشد وزن مینی‌تیوبرها بیشتر خواهد شد. در این آزمایش میانگین وزن مینی‌تیوبر در سامانه هواکشت در تیمار کود زیستی ترکیب سه باکتری ۷/۴۷ گرم بود. به علت دسترسی راحت به ریشه‌ها در سامانه هواکشت و با انتخاب زمان برداشت مناسب بهترین اندازه بذری را می‌توان برداشت نمود. حسن‌پناه (Hassanpanah, 2011) میانگین وزن مینی‌تیوبر در سامانه هواکشت را ۵/۲ گرم گزارش کرد. ریتر و همکاران (Ritter *et al.*, 2001) میزان کاهش میانگین وزن مینی‌تیوبر در سامانه هواکشت را ۳۳ درصد بیان کردند.

ارتفاع گیاه

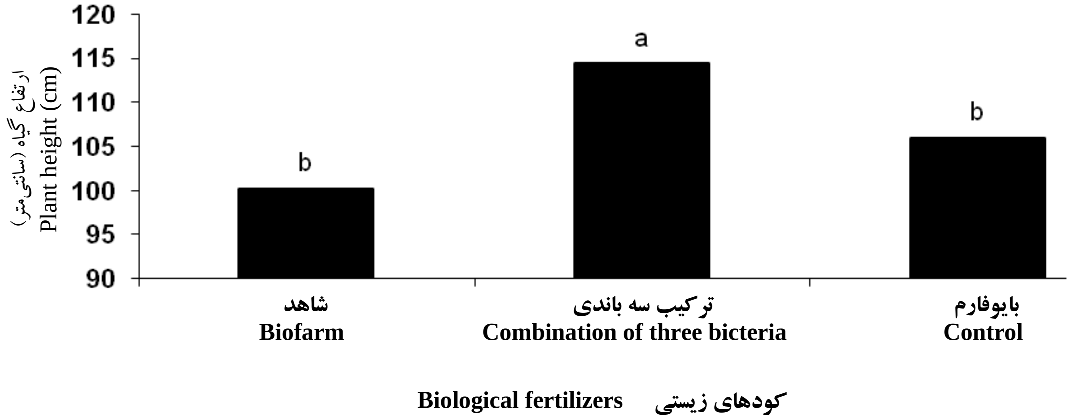
در تیمار کود زیستی ترکیب سه باکتری (باکتری‌های اینتروباکترکلوآسه، آزوسپریلوم و سودوموناس) ارتفاع بوته دارای بیشترین مقدار بود و در گروه برتر قرار گرفت (شکل ۴). در این تیمار تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته و میانگین وزن مینی‌تیوبر نیز بیشتر بود. چو و همکاران (Cho *et al.*, 1996)، سوفر و بورگر (Soffer and Burger, 1988)، ریتر و همکاران (Ritter *et al.*, 2001)، حسن‌پناه (Hassanpanah, 2011; Hassanpanah, 2014b) ارتفاع گیاه را در سامانه هواکشت در مقایسه با سامانه معمولی (خاکی) بیشتر گزارش کردند. به نظر می‌رسد علت افزایش ارتفاع گیاه در سامانه هواکشت استفاده به موقع از مواد غذایی ضروری گیاه می‌باشد.

تعداد ساقه فرعی در بوته

تعداد ساقه فرعی در بوته در کود زیستی ترکیب سه باکتری (باکتری‌های اینتروباکترکلوآسه، آزوسپریلوم و سودوموناس) در سن گیاهچه‌ای ۳۰ و ۴۰ روز دارای بیشترین مقدار بود و در گروه برتر قرار گرفت (شکل ۵). احمد و همکاران (Ahmad *et al.*, 1995) بیان کردند که ریشه گیاهانی در شرایط درون‌شیشه‌ای آسیب‌پذیر بوده و نمی‌توانند به نحو مطلوبی در شرایط درون‌شیشه‌ای عمل کنند.



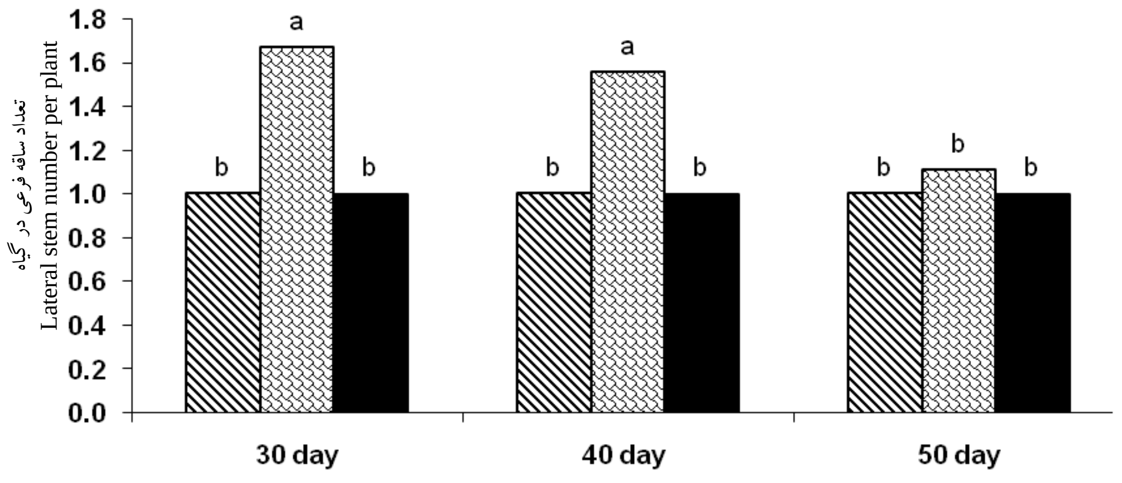
شکل ۳- اثر کود زیستی بر وزن مینی‌تیوبر در گیاه
Fig. 3. Effect of bio fertilizers on mini- tuber weight per plant



شکل ۴- اثر کود زیستی بر ارتفاع گیاه سیب‌زمینی
Fig. 4. Effect of biological fertilizer on potato plant height

سامانه ریشه‌ای توسعه نیافته رشد گیاه را در شرایط درون‌شیشه‌ای با مشکل مواجه می‌سازد. حسن‌پناه (Hassanpanah, 2010) گزارش کرد سن گیاهچه از نظر ریشه‌زایی و استحکام گیاهچه‌ها و در نهایت رسیدن به تولید مطلوب مینی‌تیوبر از لحاظ کیفی و کمی موثر می‌باشد. ایشان اعلام نمود سن گیاهچه ۲۰ و ۳۰ روز دارای بیشترین تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته، میانگین وزن مینی‌تیوبر و تعداد ساقه فرعی در بوته بودند.

در نهایت براساس نتایج بدست آمده، برای افزایش تعداد و وزن مینی‌تیوبر در بوته، ارتفاع بوته و تعداد ساقه فرعی در بوته در ارقام سیب‌زمینی، استفاده از کود بیولوژیک ترکیب



شکل ۵- اثر متقابل سن گیاهچه × کود زیستی بر تعداد ساقه فرعی در گیاه
Fig. 5. Effect of plantlet age × biological fertilizer interaction on lateral stem number per plant

سه باکتری (باکتری‌های اینتروباکترکلوآسه، آزوسپریلوم و سودوموناس) توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

این مقاله نتایج پروژه تحقیقاتی به شماره مصوب ۹۳۱۲۵-۰۳-۳۷-۴ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر را دربردارد. نگارندگان از مدیریت مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مدیریت بخش تحقیقات سبزی و صیفی و حبوبات آبی و مدیریت مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل برای پشتیبانی‌های علمی، فنی و اعتبارات سپاسگزاری می‌کنند. از همکاران ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل برای کمک در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Ahmad, A., Alam, S. M. M., Souza-Machado, V., and Ali A. 1995. Potato minituber production from nodal cutting compared to whole *in vitro* plantlets using low volume media in a greenhouse. Potato Research 38: 69-76.

Anonymous, 2017. Agricultural Statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran. (in Persian).

Bashan, Y., Holguin, G., and De-Bashan, L. E. 2004. Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agriculture and environmental advances (1997-2003). Canadian Journal Microbiology 50: 521-577.

Behbood, M., Golchin, A., and Besharati, H. 2012. The effects of phosphorus and inoculation with plant growth promoting rhizobacter (PGPR), *Pseudomonas Fluorescent*, on yield and quality of potato tuber (Agria cultivar). Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology) 26(2): 260-271. (in Persian).

Caspersen, S., Sundin, P., Munro, M., Aoalsteinsson, S., Hooker, J. E., and Jensen, P. 1999. Interactive effects of lettuce (*Lacuca sativa* L.), irradiance and ferulic acid in axenic, hydroponic culture. Plant Soil 210: 115-126.

Cho, Y. D., Kang, S. G., Kim, Y. D., Shin, G. H., and Kim, K. T. 1996. Effects of culture systems on growth and yield of cherry tomatoes in hydroponics. Journal of Agricultural Science 38: 563-567.

Farran, I., and Mingo-Castel, A. M. 2006. Potato mini-tuber production using aeroponics: Effect of plant density and harvesting intervals. American Journal of Potato Research 83(1): 47-53.

Farzana, Y., and Radizah, O. 2005. Influence of rhizobacterial inoculation on growth of the sweet potato cultivar. Journal of Biological Sciences 1(3): 176-179.

Frankenberger J. W., and Arshad, M. 1995. Phytohormons in soils microbial production and function. Marcel Dekker. Inc. New York. 520 pp.

Gysi, C., and Allmen, F. V. 1997. Balance of water and nutrients in tomatoes grown on soilless systems. Agrarforschung 4: 1.

Haj Seiad Hadi, M. R. 2011. Principles of sustainable agriculture. Roudhem Branch, Islamic Azad University 125 pp. (in Persian).

Hassanpanah, D. 2010. Investigating of plantlets ages effects on the potato mini-tuber production. Final Report of Project, Seed and Plant Institute Improvement. 45 pp. (in Persian).

Hassanpanah, D. 2011. Possible production of mini-tuber in aeroponic syetem and its comparison with conventional cultivation method. Journal of Modern Agricultural Science 7(2): 1-10. (in Persian).

Hassanpanah, D. 2014a. Evaluating potential production of mid-late maturing minituber of potato cultivars and promising clones under aeroponic system. Journal of Crop Ecophysiology 3(31): 346-331. (in Persian).

Hassanpanah, D. 2014b. The introduction of suitable nutrient solution for the production of Agria potato minituber in aeroponic system. Research Achievments for Field and Horticulture Crops Journal 3(2): 91-103. (in Persian).

Hassanpanah, D. 2014c. Tissue culture, mini-tuber and micro-tuber production of potato. Technical Manual No. 5, Agricultural Extension Coordination Management, Jihad-e-Agricultural Organization of Ardabil Province. 36 pp. (in Persian).

Hassanpanah, D., and Akbarlu, H. 2013. Cultivation and processing of edible and seed potato. Danesh Neghar, Tehran, Iran. 224 pp. (in Persian).

Hassanpanah, D., and Azimi, J. 2011. Mini-tuber production potential of potato cultivars in repeated and conventional harvesting under *in vivo* condition. Journal of Food, Agriculture and Environment 9 (1): 398-403.

Imani, A. A., Hassanpanah, D., and Azimi, J. 2016. The effect of organic fertilizers different levels of nitro-cara and humi-fert on mini-tuber production from Agria potato cultivar micro-tuber in hydroponic. Silvae Genetica 58(1): 1-6.

Kang, B. K., and Han, S. H. 2005. Production of seed potato (*Solanum tuberosum* L.) under the recycling capillary culture system using controlled release fertilizers. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 74(4): 295-299.

Lommen, W. J. M. 1993. Post-harvest characteristics of potato mini-tubers with different fresh weights and from different harvests. II. Losses during storage. Potato Research 36: 273-282.

Lommen, W. J. M. 1995. Basic studies on the production and performance of potato mini-tubers. Ph. D. Thesis, Wageningen Agriculture University Wageningen, The Netherlands. 181 pp.

Lommen, W. J. M., and Struik, P. C. 1992a. Influence of a single non-destructive harvest on potato plantlets grown for minituber production. Netherlands Journal of Agricultural Science 40: 21-41.

Lommen, W. J. M., and Struik, P. C. 1992b. Production of potato mini-tubers by repeated harvesting: Plant productivity and initiation, growth and resorption of tubers. Netherlands Journal of Agricultural Science 40: 342-358.

Lommen, W. J. M., and Struik, P. C. 1992c. Production of potato mini-tubers by repeated harvesting: Effects of crop husbandry on yield parameters. Potato Research 35: 419-432.

Muro, J., Diaz, V., Goni, J. L., and Lamsfus, C. 1997. Comparison of hydroponic culture and culture in a peat/sand mixture and the influence of nutrient solution and plant density on seed potato yield. Potato Research 40: 431-438.

Nugaliyadde, M. M., De Silva, H. D. M., Perera, R., Ariyaratna, D., and Sangakkara, U. R. 2005. An aeroponic system for the production of pre-basic seeds of potato. Annals of Sri Lanka Department of Agriculture 7: 199-208.

Otazu, V. 2010. Manual on quality seed potato production using aeroponics. International Potato Center (CIP), Lima, Peru. 44 pp.

Pereira, A. S. 2008. Batata: fonte de alimento para a humanidade. Horticulutra Brasileira 26(1): 1-2.

Pruski, K. 2007. *In vitro* multiplication through nodal cuttings. Potato Research 50: 293-296.

Pruski, K., Astatkie, T., Duplessis, P., Stewart, L., Nowak, J., and Struik P. C. 2003. Manipulation of microtubers for direct field utilization in seed production. American Journal of Potato Research 80: 173-181.

Ritter, E., Angulo, B., Riga, P., Herran, C., Relloso, J., and Sanjose, M. 2001. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato mini-tubers. Potato Research 44: 127-135.

Rolot, J. L., and Seutin, H. 1999. Soilless production of potato mini-tubers using hydroponic technique. Potato Research 42: 457-469.

Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, A. Z., and Khalid, A. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biology and Biochemistry 38: 2971-2975.

Soffer, H., and Burger, D. W. 1988. Effects of dissolved oxygen concentration in aero-hydroponics on the formation and growth of adventitious roots. American Society for Horticultural Science 3: 218-221.

Vreugdenhil, D., and Struik, P. C. 1989. An integrated view of the hormonal regulation of tuber formation in potato (*Solanum tuberosum*). Physiologia Plantarttm 75: 525-531.